

Power supply control system for heater used in gas sensor

Patent Number: ☐ [US2003019486](#)
Publication date: 2003-01-30
Inventor(s): HADA SATOSHI (JP); KUROKAWA EIICHI (JP)
Applicant(s):
Requested Patent: ☐ [JP2003107041](#)
Application Number: US20020202865 20020726
Priority Number(s): JP20010227684 20010727; JP20020169060 20020610
IPC Classification: F02D41/00
EC Classification: [F02D41/14D11D](#), [F02D41/14D11B](#)
Equivalents: ☐ [DE10234199](#), ☐ [US6578563](#)

Abstract

A heater power supply control system is provided for controlling the temperature of a heater used to heat a solid electrolyte-made sensor element of a gas concentration sensor up to a desired activation temperature. The heater power supply control system measures a resistance value of the sensor element and controls an electric power supply to the heater using a PI control function. The heater power supply control system works to limit the value of an integral term of the PI control function in the course of activation of the sensor element, thereby avoiding overshoot of the resistance value of the sensor element, which avoids thermal damage of the sensor element

Data supplied from the esp@cenet database - I2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 固体電解質体を用いたセンサ素子、並びに該センサ素子を活性状態に加熱するためのヒータを有するガス濃度センサと、

前記ガス濃度センサの素子抵抗を検出する素子抵抗検出手段と、

素子抵抗の検出値と目標値との偏差に基づき積分項を算出し、その積分項を用いてヒータ制御量を算出するヒータ制御量算出手段とを備え、前記算出したヒータ制御量によりヒータ通電を制御するガス濃度センサのヒータ制御装置において、

前記ヒータ制御量算出手段は、センサ活性化に際し素子抵抗が活性途中の所定値に達するまでは積分項の増加を抑えるよう制限を加えてヒータ制御量を算出し、素子抵抗が前記所定値に達した以後、積分項の制限を解除しヒータ制御量を算出することを特徴とするガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項2】 前記ヒータ制御量算出手段は、素子抵抗がセンサ活性途中の所定値に達するまでは積分項を使わずにヒータ制御量を算出する請求項1に記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項3】 前記ヒータ制御量算出手段は、素子抵抗がセンサ活性途中の所定値に達するまでは素子抵抗の偏差に応じた比例項を用いてヒータ制御量を算出し、前記所定値に達した後は比例項及び積分項を用いてヒータ制御量を算出する請求項1に記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項4】 前記ヒータ制御量算出手段は、素子抵抗がセンサ活性途中の所定値に達するまでは積分項のゲインを0付近の値に制限する請求項1に記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項5】 前記ヒータ制御量算出手段は、素子抵抗がセンサ活性途中の所定値に達した時に積分項のリセットを行う請求項1に記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項6】 前記ヒータ制御量算出手段は、積分項の最大値を所定のガード値で制限する請求項1に記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項7】 ガス濃度センサの起動当初にヒータを最大通電量又はその付近で通電する昇温時ヒータ制御手段を備え、この昇温時ヒータ制御手段による通電制御の後、前記ヒータ制御量算出手段により算出したヒータ制御量での通電制御に移行する請求項1～6の何れかに記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項8】 前記ヒータ制御量算出手段は、素子抵抗の目標値付近に設定した制御範囲に対し素子抵抗の検出値が素子温上昇側に外れた場合、積分項のゲイン又は比例項のゲインの少なくとも何れかを上げる請求項1～7の何れかに記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項9】 固体電解質体を用いたセンサ素子、並びに

該センサ素子を活性状態に加熱するためのヒータを有するガス濃度センサと、

前記ガス濃度センサの素子抵抗を検出する素子抵抗検出手段と、

素子抵抗の検出値と目標値との偏差に基づいてヒータ制御量を算出するヒータ制御量算出手段とを備え、前記算出したヒータ制御量によりヒータ通電を制御するガス濃度センサのヒータ制御装置において、

前記ヒータ制御量算出手段は、素子抵抗の目標値付近に設定した制御範囲に対し素子抵抗の検出値が素子温上昇側に外れた場合、素子抵抗の偏差に応じて算出する積分項のゲイン又は比例項のゲインの少なくとも何れかを上げることを特徴とするガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項10】 素子抵抗の偏差に基づくフィードバック制御範囲内において、センサ素子の温度特性に基づき、素子抵抗が小さいほど積分項のゲイン又は比例項のゲインの少なくとも何れかを上げる請求項1～9の何れかに記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項11】 固体電解質体を用いたセンサ素子、並びに該センサ素子を活性状態に加熱するためのヒータを有するガス濃度センサと、

前記ガス濃度センサの素子抵抗を検出する素子抵抗検出手段と、

素子抵抗の検出値と目標値との偏差に基づいてヒータ制御量を算出するヒータ制御量算出手段とを備え、前記算出したヒータ制御量によりヒータ通電を制御するガス濃度センサのヒータ制御装置において、

前記ヒータ制御量算出手段は、素子抵抗の最終的な目標値よりも高い別の目標値を設定し、センサ活性化に際し当初は前記別の目標値を用い、その後最終的な目標値に切り替えることを特徴とするガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項12】 素子抵抗が一旦前記別の目標値に達しオーバーシュートした後、再度当該別の目標値に達した時に前記別の目標値から前記最終的な目標値に切り替える請求項11記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項13】 素子抵抗が一旦前記別の目標値に達した後、所定時間経過した時に前記別の目標値から前記最終的な目標値に切り替える請求項11記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項14】 前記最終的な目標値+10Ωの範囲内に、少なくとも1つの前記別の目標値を設定した請求項11～13の何れかに記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【請求項15】 前記ガス濃度センサは、車載エンジンから排出される排ガス成分を検出するための排ガスセンサである請求項1～14の何れかに記載のガス濃度センサのヒータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ガス濃度センサのヒータ制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば自動車用エンジンにおいては、一般にA/Fセンサ等のガス濃度センサによる検出結果に基づき空燃比制御が実施される。ガス濃度センサはジルコニア製の固体電解質体を用いたセンサ素子を有し、このセンサ素子により空燃比（酸素濃度）を精度良く検出するにはセンサ素子の温度を所定の活性温度に維持する必要がある。通常は同センサにヒータを内蔵しヒータの通電量（デューティ比）を制御している。こうしたヒータ制御の手法として、例えばヒータへの供給電力を制御したり、センサ素子の活性温度相当の目標値に素子抵抗をフィードバック制御したりするものが知られている。

【0003】より具体的には、ガス濃度センサの早期活性のために、エンジン始動当初は最大通電量（例えばデューティ比100%）でヒータを通電し、その後、素子抵抗の検出値と目標値との偏差に応じてフィードバック制御を実施するものが知られている。フィードバック制御としては一般に、比例項や積分項等を用いた制御が実施される。この場合、ガス濃度センサの活性途中（昇温途中）では素子抵抗の偏差が大きく、積分項が次第に増大する。従って、素子抵抗が目標値に到達した時には、過剰な積分値の蓄積により素子抵抗が目標値に対してオーバーシュートする。オーバーシュートが発生すると、その分センサ素子の温度が過剰に上昇する。これにより、センサ素子が過熱に至り、素子の損傷を招くおそれが生ずる。

【0004】また、ガス濃度センサが一旦活性化した後でも、排ガス温度の変化などの温度環境の急激な変化が生じると、フィードバック制御が追従できず、やはりセンサ素子の過熱やそれに伴う素子損傷のおそれが生ずる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記問題に着目してなされたものであって、その目的とするところは、センサ素子の過剰な温度上昇を抑制し、ひいてはセンサ素子の保護を図ることができるガス濃度センサのヒータ制御装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明では、素子抵抗検出手段によりガス濃度センサの素子抵抗が検出される。ヒータ制御量算出手段により、素子抵抗の検出値と目標値との偏差に基づき積分項が算出され、更にその積分項を用いてヒータ制御量が算出される。そして、前記算出されたヒータ制御量によりヒータ通電が制御される。また特に、前記ヒータ制御量算出手段によれば、センサ活性化に際し素子抵抗が活性途中の所定値に達するまでは積分項の増加を抑えるよう制限を加えて

ヒータ制御量が算出され、素子抵抗が前記所定値に達した以後、積分項の制限を解除しヒータ制御量が算出される。

【0007】要するに、例えばガス濃度センサの冷間状態からヒータ通電が開始される場合、前述の通り積分項が過剰に蓄積されると、素子抵抗が目標値に到達する際にオーバーシュートを招き、センサ素子の過熱により素子破壊等を招くおそれが生じる。これに対し本発明では、センサ活性途中において積分項の算出が制限されるため、素子抵抗が目標値に到達する際のオーバーシュートが防止できる。その結果、センサ素子の過剰な温度上昇を抑制し、ひいてはセンサ素子の保護を図ることができ

【0008】なお本明細書において、「ガス濃度センサの活性途中」とは、ガス濃度センサが冷間状態から活性化される途中を意味するだけでなく、ガス濃度センサが一旦活性化されたものの素子温度低下により非活性となり、再度活性化される途中をも意味するものである。

【0009】ヒータ制御量算出手段としてより具体的には、以下の請求項2～6の発明が適用できる。すなわち、

- ・請求項2の発明では、素子抵抗がセンサ活性途中の所定値に達するまでは積分項を使わずにヒータ制御量を算出する。

- ・請求項3の発明では、素子抵抗がセンサ活性途中の所定値に達するまでは素子抵抗の偏差に応じた比例項を用いてヒータ制御量を算出し、前記所定値に達した後は比例項及び積分項を用いてヒータ制御量を算出する。

- ・請求項4の発明では、素子抵抗がセンサ活性途中の所定値に達するまでは積分項のゲインを0付近の値に制限する。

- ・請求項5の発明では、素子抵抗がセンサ活性途中の所定値に達した時に積分項のリセットを行う。

- ・請求項6の発明では、積分項の最大値を所定のガード値で制限する。

【0010】上記請求項2～6の発明では何れも、センサ活性途中において適切なヒータ通電制御が実施できる。因みに、上記請求項5では、積分項を0又は0付近の値にリセットすれば良い。

【0011】また、請求項7に記載の発明では、ガス濃度センサの起動当初にヒータを最大通電量又はその付近で通電する昇温時ヒータ制御手段を備え、この昇温時ヒータ制御手段による通電制御の後、前記ヒータ制御量算出手段により算出したヒータ制御量での通電制御に移行する。これにより、ガス濃度センサの早期活性化を図ることができる。

【0012】また、請求項8に記載の発明では、前記ヒータ制御量算出手段は、素子抵抗の目標値付近に設定した制御範囲に対し素子抵抗の検出値が素子温度上昇側に外れた場合、積分項のゲイン又は比例項のゲインの少なく

とも何れかを上げる。この場合、前記制御範囲よりも高温側領域において素子抵抗値の収束性が向上し、センサ素子の過剰な温度上昇が抑制できる。故に本発明では、センサ活性時におけるセンサ素子の過熱防止に加え、活性後のセンサ素子の過熱防止も図ることができる。

【0013】一方、請求項9に記載の発明では、ヒータ制御量算出手段により、素子抵抗の検出値と目標値との偏差に基づいてヒータ制御量が算出され、該算出されたヒータ制御量によりヒータ通電が制御される。また特に、前記ヒータ制御量算出手段によれば、素子抵抗の目標値付近に設定した制御範囲に対し素子抵抗の検出値が素子温上昇側に外れた場合、素子抵抗の偏差に応じて算出する積分項のゲイン又は比例項のゲインの少なくとも何れかが上げられる。

【0014】例えばガス濃度センサの周辺温度が上昇する場合、素子抵抗は制御範囲を外れて変化し、素子抵抗の偏差が素子温上昇側に増大する。この場合、積分項のゲイン又は比例項のゲインの少なくとも何れかを上げることにより、素子抵抗が目標値にいち早く復帰する。その結果、センサ素子の過剰な温度上昇を抑制し、ひいてはセンサ素子の保護を図ることができる。

【0015】また、ガス濃度センサは、図7に示す温度特性を有し、素子抵抗（素子インピーダンス）はその大小に応じて素子温度に対する感度が相違する。そこで、請求項10に記載したように、素子抵抗の偏差に基づくフィードバック制御範囲内において、センサ素子の温度特性に基づき、素子抵抗が小さいほど積分項のゲイン又は比例項のゲインの少なくとも何れかを上げると良い。

【0016】請求項11に記載の発明では、ヒータ制御量算出手段により、素子抵抗の検出値と目標値との偏差に基づいてヒータ制御量が算出され、該算出されたヒータ制御量によりヒータ通電が制御される。また特に、前記ヒータ制御量算出手段によれば、素子抵抗の最終的な目標値よりも高い別の目標値が設定され、センサ活性化に際し当初は前記別の目標値が用いられ、その後最終的な目標値に切り替えられる。

【0017】この場合、センサ活性化に際しての素子抵抗は一旦別の目標値に達した後、オーバーシュートするが、この際、センサ素子の過剰な温度上昇が生じることはない。そして、その後目標値が切り替えられることで、素子抵抗が最終的な目標値に収束する。その結果、本発明においても、センサ素子の過剰な温度上昇を抑制し、ひいてはセンサ素子の保護を図ることができるようになる。

【0018】前記目標値を切り替えるタイミングとして、請求項12、請求項13の発明が適用できる。つまり、請求項12に記載したように、素子抵抗が一旦前記別の目標値に達しオーバーシュートした後、再度当該別の目標値に達した時に前記別の目標値から前記最終的な目標値に切り替えると良い。或いは、請求項13に記載

したように、素子抵抗が一旦前記別の目標値に達した後、所定時間経過した時に前記別の目標値から前記最終的な目標値に切り替えると良い。

【0019】また、請求項14に記載したように、前記最終的な目標値+10Ωの範囲内に、少なくとも1つの前記別の目標値を設定すると良い。この場合、別の目標値は1つに限定されず、2つ以上段階的に設定することも可能である。また、最終的な目標値+5Ωの範囲内に設定することも可能である。最終的な目標値に対してどれだけ離して別の目標値を設定するかは、オーバーシュート量を考慮して定められれば良い。

【0020】特に、前記ガス濃度センサが車載エンジンから排出される排ガス成分を検出するための排ガスセンサである場合（請求項15）、エンジン運転状態に応じて排ガス温度が変動し、ガス濃度センサの温度環境が大きく変わる。かかる場合、本発明が特に有効に活用でき、所望のセンサ活性化制御が実現できる。

【0021】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）以下、この発明を空燃比検出装置として具体化した第1の実施の形態を図面に従って説明する。本実施の形態における空燃比検出装置は、自動車に搭載されるガソリンエンジンに適用されるものであって、空燃比制御システムにおいては空燃比検出装置による検出結果を基にエンジンへの燃料噴射量を所望の空燃比にて制御する。また、空燃比制御装置においては、限界電流式空燃比センサ（A/Fセンサ）の検出結果を用い排ガス中の酸素濃度から空燃比を検出することとしており、該A/Fセンサを活性状態に保つべく、素子インピーダンス（素子抵抗）を検出すると共にセンサ内蔵のヒータを通電制御する。以下、詳細に説明する。

【0022】図1は、本実施の形態における空燃比検出装置の概要を示す全体構成図である。図1において、空燃比検出装置15は、その内部演算の中核をなすマイクロコンピュータ（以下、マイコン20という）を備え、マイコン20は燃料噴射制御や点火制御等を実現するためのエンジン制御ECU16に対して相互に通信可能に接続されている。A/Fセンサ30は、エンジン10のエンジン本体11から延びる排気管12に取り付けられており、マイコン20から指令される電圧の印加に伴い、排ガス中の酸素濃度に比例したリニアな空燃比検出信号（センサ電流信号）を出力する。

【0023】マイコン20は、各種の演算処理を実行するための周知のCPU、ROM、RAM等により構成され、所定の制御プログラムに従い後述するバイアス制御回路24やヒータ制御回路26を制御する。マイコン20は、バッテリー電源+Bの給電を受けて動作する。

【0024】A/Fセンサ30は、固体電解質体を有するセンサ素子にヒータを積層して配置し、これら固体電解質体とヒータとを一体化してなる、いわゆる積層型セ

ンサにて構成されている。以下、A/Fセンサ30のセンサ素子構造について図2を用いて説明する。なお、センサ素子は長尺状をなし、図2には長手方向に直交する方向での断面構造を示す。

【0025】A/Fセンサ30において、部分安定化ジルコニアよりなる酸素イオン導電性の固体電解質体31は長方形板状をなしており、その一方の面には排ガス側電極32が設けられ、他方の面には基準ガス室37と対面する基準ガス側電極33が設けられている。固体電解質体31には、気孔率10%程度のアルミナセラミックよりなる多孔質拡散抵抗層34と、緻密でガスシール性のアルミナセラミックよりなるガス遮蔽層35とが積層されている。

【0026】また、固体電解質体31には、電気絶縁性を有し且つ緻密でガスを透過させないアルミナセラミックよりなるスペーサ36が積層されており、スペーサ36には、基準ガス室37として機能する溝部36aが設けられている。また、スペーサ36にはヒータ基板38が積層され、そのヒータ基板38に、通電により発熱するヒータ（抵抗素子）39が設けられている。

【0027】前記図1の説明に戻る。図1において、A/Fセンサ30に電圧を印加するためのバイアス指令信号 V_r はマイコン20からD/A変換器21に入力され、同D/A変換器21にてアナログ信号 V_b に変換された後、LPF（ローパスフィルタ）22に入力される。そして、LPF22にてアナログ信号 V_b の高周波成分が除去された出力電圧 V_c はバイアス制御回路24に入力される。バイアス制御回路24は、A/F検出時には所定の印加電圧特性に基づきその時々々のA/F値に対応した電圧をA/Fセンサ30に印加し、素子インピーダンス検出時には所定周波数信号よりなる単発的且つ所定の時定数を持った電圧をA/Fセンサ30に印加する。

【0028】バイアス制御回路24内の電流検出回路25は、A/Fセンサ30への電圧印加時にそれに伴って流れる電流値を検出する。電流検出回路25にて検出された電流値のアナログ信号は、A/D変換器23を介してマイコン20に入力される。また、A/Fセンサ30のヒータ39は、ヒータ制御回路26によりその動作が制御される。つまり、ヒータ制御回路26は、マイコン20からの指令に従い、A/Fセンサ30の素子インピーダンスに応じてヒータ39への通電をデューティ制御する。

【0029】次に、上記の如く構成される空燃比検出装置15の作用を説明する。図3は、マイコン20により実施されるメインルーチンの概要を示すフローチャートであり、同ルーチンはマイコン20への電源投入に伴い起動される。

【0030】図3において、先ずステップ100では、前回のA/F検出時から所定時間 T_a が経過したか否か

を判別する。所定時間 T_a は、A/F値の検出周期に相当する時間であって、例えば $T_a = 4 \text{ msec}$ 程度に設定される。そして、ステップ100がYESであることを条件にステップ110に進み、A/F値の検出処理を実施する。このA/F値の検出処理では、その時々々のセンサ電流に応じた印加電圧を設定すると共に、その電圧をA/Fセンサ30の電極32、33間に印加し、その時のセンサ電流を電流検出回路25により検出する。そして、該検出したセンサ電流をA/F値に変換する。

【0031】A/F値の検出後、ステップ120では、前回の素子インピーダンス検出時から所定時間 T_b が経過したか否かを判別する。所定時間 T_b は、素子インピーダンスZACの検出周期に相当する時間であって、例えばエンジン運転状態に応じて 128 msec 、 2 sec 等の時間が選択的に設定される。そして、ステップ120がYESであることを条件に、ステップ130で素子インピーダンスZACを検出すると共に、続くステップ140でヒータ通電制御を実施する。素子インピーダンスZACの検出処理、ヒータ通電制御については後で詳しく説明する。

【0032】次に、前記図3のステップ130における素子インピーダンスZACの検出手順を図4を用いて説明する。なお本実施の形態では、素子インピーダンスZACの検出に際し、掃引法を用いていわゆる「交流インピーダンス」を求めることとしている。

【0033】図4において、先ずステップ131では、バイアス指令信号 V_r を操作し、それまでのA/F検出用の印加電圧に対して電圧を正側に数 $10 \sim 100 \mu\text{s}$ 程度の時間で単発的に変化させる。また、ステップ132では、その時の電圧変化量 ΔV と電流検出回路25により検出したセンサ電流の変化量 ΔI を読み取る。続くステップ133では、前記 ΔV 値及び ΔI 値から素子インピーダンスZACを算出し（ $ZAC = \Delta V / \Delta I$ ）、その後元の図3のルーチンに戻る。

【0034】上記の処理によれば、前記図1のLPF22並びにバイアス制御回路24を介し、所定の時定数を持たせた電圧が単発的にA/Fセンサ30に印加される。その結果、当該電圧の印加から所定時間経過後に電流変化量 ΔI （ピーク電流）が検出され、その時の電圧変化量 ΔV と電流変化量 ΔI とから素子インピーダンスZACが検出される（ $ZAC = \Delta V / \Delta I$ ）。かかる場合、LPF22を介して単発的な電圧をA/Fセンサ30に印加することにより、過度なピーク電流の発生が抑制され、信頼性の高い素子インピーダンスZACが検出できる。

【0035】上記の如く求められる素子インピーダンスZACは、素子温に対して図7に示す関係を有する。すなわち、素子温が低いほど、素子インピーダンスZACは飛躍的に大きくなる。なお上記構成では、インピーダンス検出に際し、センサ印加電圧を一時的に切り換えた

が、これに代えて、センサ素子に流れる電流を一時的に切り換えても良く、何れにしてもその都度の電流変化量と電圧変化量とから素子インピーダンスが検出される。

【0036】次に、ヒータ通電制御の概要を説明する。本実施の形態では、素子インピーダンスZACの検出値と目標値との偏差に応じてヒータ通電をF/B制御することとしており、基本的には、比例項(P項)と積分項(I項)とを算出しその算出値に基づいてPI制御を実施する。また特に素子インピーダンスZACに応じて比例項・積分項のゲインを可変に設定する。なお、制御手法としては上記比例項、積分項に微分項を加えたPID制御手法を用いることも可能であるが、本実施の形態では便宜上、PI制御手法を用いた適用例を説明する。

【0037】ここで、積分項ゲインと比例項ゲインの設定の概要を図8を用いて説明する。つまり、図8

(a)、(b)に示すように、素子インピーダンスZACの目標値を「ZACtg」とした時、その目標値付近にはインピーダンス制御範囲が設定されている。例えば、目標値ZACtgを28Ωとした時、インピーダンス制御範囲は26～30Ωの範囲(ZACtg±2Ω)で設定される。この場合、インピーダンス制御範囲よりも低インピーダンス側(高温側)では、素子温の過剰な上昇を抑えるべく積分項ゲイン、比例項ゲインが大きな値に設定される。図のTH1は、インピーダンス制御範*

$$Duty = Kp1 \times (ZACtg - ZAC) \quad \dots(1)$$

により駆動Dutyが算出される。(B)素子インピーダンスZACがTH1～TH2(26～48Ω)の場合、比例定数Kp1、積分定数Kiを用いて駆動Duty*

$$Duty = Kp1 \times (ZACtg - ZAC) + \sum \{Ki \times (ZACtg - ZAC)\} \quad \dots(2)$$

により駆動Dutyが算出される。(C)素子インピーダンスZACがしきい値TH1(26Ω)以下の場合、比例定数Kp2、積分定数Kiを用いて駆動Dutyが★

$$Duty = Kp2 \times (ZACtg - ZAC) + \sum \{Ki \times (ZACtg - ZAC)\} \quad \dots(3)$$

により駆動Dutyが算出される。

【0043】次いで、マイコン20によるヒータ通電の制御手順を図5のフローチャートを用いて説明する。なおこの図5の処理は、前記図3のステップ140で呼び出されるサブルーチンである。

【0044】図5において、まずステップ141では、昇温時ヒータ制御の実施条件を判定する。具体的には、素子インピーダンスZACが所定のしきい値TH3(例えば65Ω)以上であるか否か、或いはエンジン始動時からの経過時間が所定時間前であるか否かを判別する。例えば、エンジン始動直後でありA/Fセンサ30の素子温が未だ低い場合には、素子インピーダンスZACがTH3以上でありステップ141がYESとなる。この場合、ステップ142に進んで昇温時ヒータ制御を実施し、その後元の図3のルーチンに戻る。ステップ142

* 囲の下限値であり、ゲイン切り替えのしきい値でもある(本実施の形態では、TH1=26Ω)。但し、PI制御に際し、積分項ゲイン、比例項ゲインの少なくとも何れか一方を大きくすれば良い。

【0038】また、図8(a)中のしきい値TH2は、センサ活性途中のインピーダンス降下時(すなわち、素子温上昇時)に通過するインピーダンス値であり、このしきい値TH2よりも高インピーダンス側(低温側)では積分項ゲインが0若しくは極小さな値に制限される(本実施の形態では、TH2=48Ω)。

【0039】要するに、本実施の形態では上記図8の関係を考慮してヒータ通電のF/B制御を実施し、センサ起動時を含め素子インピーダンスZACが変化する際、以下の(A)～(C)の形態でヒータF/B制御が適宜実施される。但し下記の数式においてKp1、Kp2は比例定数(比例項ゲイン)であり、Kp2はKp1の約2倍程度の定数である。Kiは積分定数(積分項ゲイン)である。(A)素子インピーダンスZACがしきい値TH2(48Ω)以上の場合、積分項は使わず比例項のみでヒータ39の駆動Duty(ヒータ制御量)が算出される。つまり、

【0040】

【数1】

* yが算出される。つまり、

【0041】

【数2】

★算出される。つまり、

【0042】

【数3】

では基本的に、デューティ比100%の全通電制御が実施される。

【0045】また、素子温が上昇すると、ステップ141がNOとなる。この場合、ステップ143では、その時の素子インピーダンスZACがしきい値TH2(48Ω)よりも小さいか否かを判別し、続くステップ144では、同じく素子インピーダンスZACがしきい値TH1(26Ω)よりも小さいか否かを判別する。

【0046】ZAC≥TH2の場合、ステップ145に進み、積分項を使わずに駆動Dutyを算出する。すなわち、上記(1)式を用いて駆動Dutyを算出する。その後、ステップ149では、駆動Dutyのガード処理を実施し、元の図3のルーチンに戻る。駆動Dutyのガード処理では、図6(b)に示すように、駆動Dutyが所定のガード値以上であるか否かを判別し(ステ

ップ149a)、YESであれば、駆動Dutyをガード値で制限する(ステップ149b)。

【0047】また、 $TH1 \leq ZAC < TH2$ の場合には、ステップ146で上記(2)式を用いて駆動Dutyを算出し、 $ZAC < TH1$ の場合には、ステップ147で上記(3)式を用いて駆動Dutyを算出する。その後、ステップ148では、上記(2)式又は(3)式により算出した駆動Dutyのうち、積分項Dutyの値($\Sigma Ki(ZACtg - ZAC)$)を対象にガード処理を実施する。更に続くステップ149では、駆動Dutyのガード処理を実施し、元の図3のルーチンに戻る。積分項Dutyのガード処理では、図6(a)に示すように、積分項Dutyの値が所定のガード値以上であるか否かを判別し(ステップ148a)、YESであれば、積分項Dutyをガード値で制限する(ステップ148b)。駆動Duty処理は、前述した図6(b)の通りである。

【0048】上記ステップ148、149で使うガード値は、その都度の素子温のレベルに応じて個々に設定されると良い。一例として、素子インピーダンスZACが制御範囲から低インピーダンス側(高温側)に外れた場合(ステップ144がYESの場合)、ガード値を下げると良い。

【0049】因みに、A/Fセンサ30が一旦活性化された後に、排ガス温度の低下等により素子インピーダンスZACがしきい値TH2(48Ω)以上に増大する場合、すなわち不活性状態となる場合も考えられる。かかる場合、ヒータ通電によるA/Fセンサ30の再活性化に際し、素子インピーダンスZACが再度しきい値TH2(48Ω)未満となる時に、それまで蓄積されている積分項をリセットすると良い。具体的には、 $ZAC < TH2$ となった時点で(ステップ143がYESとなる初回に)、積分項を0又は0付近の値にリセットする。

【0050】なお本実施の形態では、図3のステップ130(図4の処理)が特許請求の範囲に記載した「素子抵抗検出手段」に、図5のステップ145~147が同「ヒータ制御量算出手段」に、図5のステップ142が同「昇温時ヒータ制御手段」にそれぞれ相当する。また、しきい値TH2が「センサ活性途中の所定値」に相当する。

【0051】図9は、エンジン始動時(センサ起動時)における駆動Duty、積分項Duty、素子インピーダンスZACの変化を示すタイムチャートである。さて図9では、エンジン始動当初は駆動Duty=100%の全通電制御が実施され、 $ZAC \leq TH3$ (65Ω)となるt1のタイミング以降、ヒータ通電F/B制御が開始される。詳しくは、t1直後には比例項のみを用いて駆動Dutyが算出され、積分項Dutyは0のまま保持される。そして、 $ZAC < TH2$ となるt2のタイミングでは、積分項の算出が開始される。つまり、t2以

降、比例項及び積分項によるPI制御が開始される。また、t1~t3の間では駆動Dutyがガードされ、t3のタイミングでは素子インピーダンスZACが目標値ZACtgを下回るため偏差の向きが変わり、それ以降駆動Dutyがガード値から離れる。

【0052】かかる場合、センサ活性途中(昇温途中)では積分項が過剰に増え、素子インピーダンスZACが目標値ZACtgに到達する際にオーバーシュートを招く原因となるが、本実施の形態では、積分項の算出が制限されるために目標到達時のオーバーシュートが防止できる。

【0053】なお、A/Fセンサ30の活性化後に燃料カットが行われると、排気温の低下に伴い一時的に素子温が低下するが、その際にはそれまでの積分項と比例項とによりDutyの算出が行われる。それ故、こうした一時的な温度変化時にもヒータ制御性が確保できる。

【0054】以上詳述した本実施の形態によれば、A/Fセンサ30が活性化される際のセンサ素子の過剰な温度上昇を抑制し、ひいてはセンサ素子の保護を図ることができる。

【0055】また、A/Fセンサ30が一旦活性化された後に、例えば排ガス温度(センサ周辺温度)の上昇等により素子インピーダンスZACが制御範囲を外れる場合、比例項のゲインを上げることで素子インピーダンスZACが目標値にいち早く復帰する。故に本実施の形態では、センサ活性時におけるセンサ素子の過熱防止に加え、活性化後のセンサ素子の過熱防止も図ることができる。

【0056】(第2の実施の形態)次に、本発明における第2の実施の形態について、上述した第1の実施の形態との相違点を中心に説明する。図10は、本実施の形態におけるヒータ制御手順を示すフローチャートであり、この処理は前述の図5の処理に置き換えて実施される。

【0057】図10において、先ずステップ161、162では、前記図5同様、昇温時ヒータ制御の実施条件が成立することを条件に昇温時ヒータ制御(デューティ比100%の全通電制御)を実施する。

【0058】また、昇温時制御を抜けると、ステップ163では、その時の素子インピーダンスZACがしきい値TH1(26Ω)よりも小さいか否かを判別する。 $ZAC \geq TH1$ の場合には、ステップ164で上記(2)式を用いて駆動Dutyを算出し、 $ZAC < TH1$ の場合には、ステップ165で上記(3)式を用いて駆動Dutyを算出する。

【0059】その後、ステップ166では、上記算出した駆動Dutyのうち、積分項Dutyの値($\Sigma Ki(ZACtg - ZAC)$)を対象にガード処理を実施する。続くステップ167では、駆動Dutyのガード処理を実施する。ステップ166、167の詳細は、前記

図6に示す通りである。なお本実施の形態では、図10のステップ164、165が特許請求の範囲に記載した「ヒータ制御量算出手段」に相当し、ステップ162が同「昇温時ヒータ制御手段」に相当する。

【0060】図11は、エンジン始動時（センサ起動時）における駆動Duty、積分項Duty、素子インピーダンスZACの変化を示すタイムチャートである。さて図11では、前記図9と同様、エンジン始動当初は駆動Duty=100%の全通電制御が実施され、ZAC \leq TH3（65 Ω ）となるt11のタイミング以降、ヒータ通電F/B制御が開始される。この場合、t11のタイミングでは積分項（積分項Duty）の算出が開始され、比例項及び積分項によるPI制御が開始される。但し、目標到達時のオーバーシュートの発生を抑制すべく、積分項Dutyの最大値は所定のガード値で制限される。t12のタイミングでは素子インピーダンスZACが目標値ZActgを下回るため偏差の向きが変わり、それ以降積分項Duty、駆動Dutyがガード値から離れる。

【0061】以上詳述した本実施の形態によれば、前述の第1の実施の形態と同様に、A/Fセンサ30が活性化される際のセンサ素子の過剰な温度上昇を抑制し、ひいてはセンサ素子の保護を図ることができる。

【0062】（第3の実施の形態）本実施の形態では、A/Fセンサ30が非活性状態から活性状態に移行する際に、素子インピーダンスの目標値を2段階に設定するものであり、その2つの目標値は、「最終的な目標値TG1」と「別の目標値TG2」である。実際には、TG1=28 Ω 程度であるのに対し、目標値TG2は、目標値TG1よりも高インピーダンス側（すなわち低温側）に設定され、例えばTG2=TG1+5 Ω 程度、すなわちTG2=33 Ω 程度である。なお、本実施の形態においても既述の構成が適用できる（図1、図2等）。

【0063】図12は、エンジン始動時における素子インピーダンスZACの変化を示すタイムチャートである。図12において、センサ素子の昇温に際し当初は目標値としてTG2が設定され、素子インピーダンスZACは目標値TG2になるよう昇温される。このとき、素子インピーダンスZACが目標値TG2に到達すると、一旦オーバーシュートし、再度目標値TG2に達する（タイミングta、tb）。タイミングtbでは、目標値がTG2からTG1に切り替えられる。これにより、タイミングtb以後、素子インピーダンスZACが目標値TG1に収束する。

【0064】なお、目標値をTG2からTG1に切り替えるタイミングは、素子インピーダンスZACがTG2に達した後、所定時間（例えば数秒程度）が経過したタイミングであっても良い。

【0065】以上第3の実施の形態によれば、素子インピーダンスZACは別の目標値TG2に対してオーバー

シュートするが、最終的な目標値TG1に対してはオーバーシュートすることなく収束する。従って、上記実施の形態と同様に、A/Fセンサ30が活性化される際のセンサ素子の過剰な温度上昇を抑制し、ひいてはセンサ素子の保護を図ることができる。

【0066】前記別の目標値TG2は、最終的な目標値TG1に対して+10 Ω の範囲内にあれば良い。最終的な目標値TG1に対してどれだけ離れて別の目標値TG2を設定するかは、オーバーシュート量などを考慮して定められれば良い。

【0067】また、別の目標値TG2として、2つ以上の目標値を設定することも可能である。例えば、最終的な目標値が28 Ω の場合に、34 Ω →31 Ω →28 Ω の順に目標値を切り替えることなどが可能である。

【0068】なお本発明は、上記以外に次の形態にて具体化できる。上記第1の実施の形態では、センサ活性化に際し素子インピーダンスZACが所定のしきい値TH2に達するまでは積分項を使わずに駆動Dutyを算出することとし、これは積分項ゲインを0にすることと同意であるが、これに代えて、積分項ゲインを0付近の値に制限するようにしても良い。かかる場合にも、センサ活性化時において積分項に制限を加えられ、所望の効果が達せられる。

【0069】上記第1の実施の形態では、センサ活性化に際し比例項だけのP制御の開始後、素子インピーダンスZACがしきい値TH2に達したことを判定して比例項及び積分項によるPI制御を開始したが、この構成を変更する。例えば、比例項だけのP制御の開始後、一定時間の経過後にPI制御を開始する。PI制御を開始するタイミングは、実験結果等による見込みで行う。

【0070】上記各実施の形態では、インピーダンス制御範囲よりも低インピーダンス側（高温側）で比例項ゲインを上げるよう構成したが（上記図5のステップ146、147）、これに代えて、積分項ゲインを上げるようにしても良い。又は、比例項ゲイン及び積分項ゲインを共に上げるようにしても良い。

【0071】また、A/Fセンサ30において、素子インピーダンスZACはその大小に応じて素子温度に対する感度が相違する（図7参照）。そこで、素子インピーダンスのF/B制御範囲内において、センサ素子の温度特性に基づき、素子インピーダンスZACが小さいほど積分項のゲイン又は比例項のゲインの少なくとも何れかを上げるようにしても良い。つまりこのとき、積分項のゲイン、比例項のゲイン、又は積分項のゲイン+比例項のゲインの何れかを上げる。図7で言えば、積分項ゲイン、比例項ゲインが総じて左上がりの特性を持つよう構成すれば良い。

【0072】駆動Dutyを算出するための演算式として、素子インピーダンスZACをパラメータとする基本項を用いるようにしても良い。すなわち、素子インピー

ダンスZACが低いほど大きく、逆に素子インピーダンスZACが高いほど小さくなるようマップ或いは演算式にて基本項（基本Duty）を算出し、その基本項に比例項・積分項を加算して駆動Dutyを算出する（駆動Duty＝基本項＋比例項＋積分項）。

【0073】かかる場合、センサ活性化に際し素子インピーダンスが活性途中の所定値に達するまでは、基本項のみで駆動Dutyを算出し、その後、素子インピーダンスが前記所定値に達すると、基本項に積分項を加算して駆動Dutyを算出するようにしても良い。

【0074】本発明に適用可能なガス濃度センサは上記図2のA/Fセンサに限定されず、それ以外に図13や図14の構成のセンサを適用する。この場合、検出セルは複数個有するものであっても良い。また、排ガス中のNOx濃度、HC濃度、CO濃度等を検出するガス濃度センサであっても良い。

【0075】図13のA/Fセンサ100は、酸素ポンプセル101、酸素センサセル102及び加熱シート103を有し、それらが適宜スペーサ104、105等を介して積層配置されている。酸素ポンプセル101は、シート状の固体電解質体121と、その両面に配置された一対のポンプ電極122、123とから構成される。また、酸素センサセル102は、同様にシート状の固体電解質体124と、その両面に配置された一対のセンサ電極125、126とから構成される。

【0076】スペーサ104、105はセラミック等の絶縁材料にて形成され、各々に排ガスを導入する測定ガス室127と、大気を導入する基準ガス室128とが形成されている。加熱シート103は、図の上下2枚の絶縁シート131、132とその間に印刷されたヒータ（抵抗素子）133とを有する。

【0077】上記構成のA/Fセンサ100では、拡散通路129を介して測定ガス室127内に排ガスが導入され、酸素ポンプセル101は測定ガス室127内の酸素濃度に応じた電流を出力する。これにより、排ガスの酸素濃度が検出される。また、酸素センサセル102は、測定ガス室127に導入した排ガスの酸素濃度に応じた起電力を発生し、その起電力が一定となるように、ポンプ電極122、123間に電圧が印加される。

【0078】別のセンサ構造を図14に示す。図14では、センサ素子の縦断面を（a）に示し、（a）のB-B線断面を（b）に示す。図14のガスセンサ150は、酸素ポンプセル151、酸素センサセル152及び酸素濃淡電池153を備えており、酸素ポンプセル151を構成する固体電解質体154と、酸素センサセル152及び酸素濃淡電池153を構成する固体電解質体155とが積層配置されている。また更に、固体電解質体155には別の固体電解質体156が積層されている。固体電解質体154、155の間には拡散抵抗層157が設けられ、固体電解質体154、155と拡散抵抗層

157とに囲まれて測定ガス室158が形成されている。測定ガス室158には拡散抵抗層157を介して排ガスが導入される。

【0079】酸素ポンプセル151は、固体電解質体154の両面に形成された一対の電極161、162を有し、酸素センサセル152は、固体電解質体155の両面に形成された一対の電極163、164を有する。また、酸素濃淡電池153は、固体電解質体155上で何れも測定ガス室158側に形成された一対の電極165、166を有する。つまり、図14（b）に示すように、電極163、165、166は同一の固体電解質体155上に形成されている。但し、酸素濃淡電池153の電極165、166は、一方が触媒活性度の高い活性電極であり、他方が触媒不活性である不活性電極である。ヒータユニット170は、抵抗素子であるヒータ171を有し、酸素ポンプセル151の外側に接合される。

【0080】上記図14のガスセンサ150では、酸素ポンプセル151にて排ガス中の酸素濃度が検出される。酸素センサセル152には測定ガス室158内の酸素濃度に応じた起電力が発生し、この起電力が一定となるように、酸素ポンプセル151の電極161、162間に電圧が印加される。このとき、酸素濃淡電池153では、酸素消費量が活性電極165側で大きいことから、不活性電極166近傍における酸素濃度は活性電極165近傍の酸素濃度より高くなる。そのため、酸素濃淡電池153を構成する一対の電極165、166間には、不活性電極166側を正とし、排ガス中の所定可燃性ガスの濃度に応じた濃淡電池起電力が発生する。これにより、排ガス中の所定の可燃性ガス濃度が検出できる。

【0081】また、排ガス以外のガスを被測定ガスとすることも可能である。何れにしても、固体電解質体を用いたセンサ素子と、該センサ素子を活性状態に過熱するためのヒータを有するガス濃度センサであれば本発明が適用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】発明の実施の形態における空燃比検出装置の概要を示す構成図。

【図2】センサ素子の要部断面図。

【図3】マイコンによるメインルーチンを示すフローチャート。

【図4】素子インピーダンスの検出手順を示すフローチャート。

【図5】ヒータ通電の制御手順を示すフローチャート。

【図6】（a）、（b）はDutyガード処理を示すフローチャート。

【図7】素子インピーダンスと素子温との関係を示す図。

【図8】（a）は積分項ゲインを、（b）は比例項ゲイ

10

20

30

40

50

ンを示す図。

【図9】エンジン始動時におけるDuty及び素子インピーダンスの推移を示すタイムチャート。

【図10】第2の実施の形態におけるヒータ通電の制御手順を示すフローチャート。

【図11】エンジン始動時におけるDuty及び素子インピーダンスの推移を示すタイムチャート。

【図12】エンジン始動時における素子インピーダンスの推移を示すタイムチャート。

*

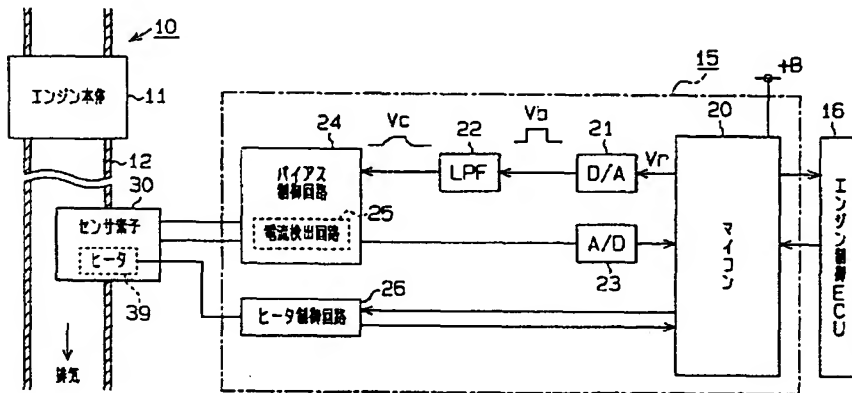
*【図13】別のガス濃度センサを示す断面図。

【図14】(a)、(b)は別のガス濃度センサを示す断面図。

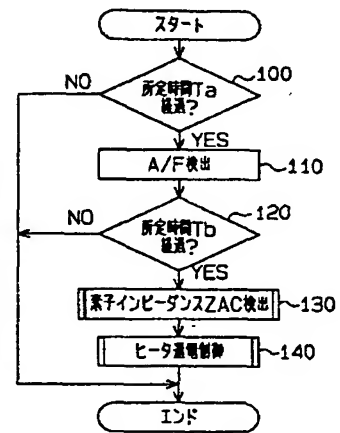
【符号の説明】

10…エンジン、15…空燃比検出装置、20…マイコン、30…A/Fセンサ、31…固体電解質体、39…ヒータ、100…A/Fセンサ、133…ヒータ、150…ガスセンサ、171…ヒータ。

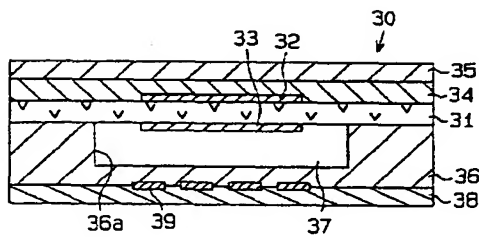
【図1】



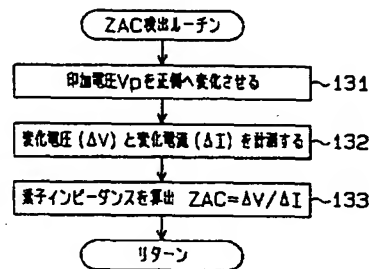
【図3】



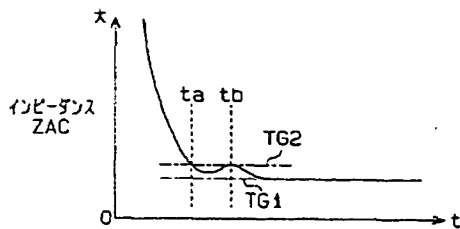
【図2】



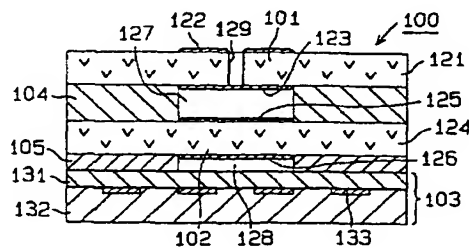
【図4】



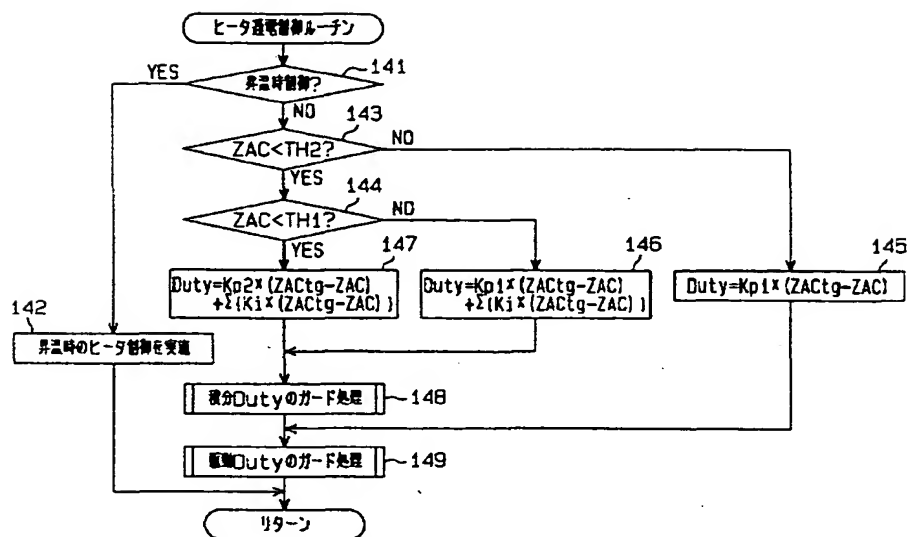
【図12】



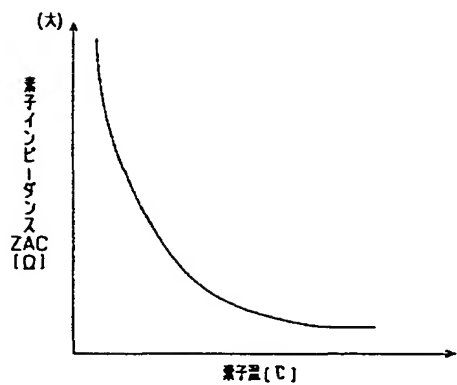
【図13】



【図5】

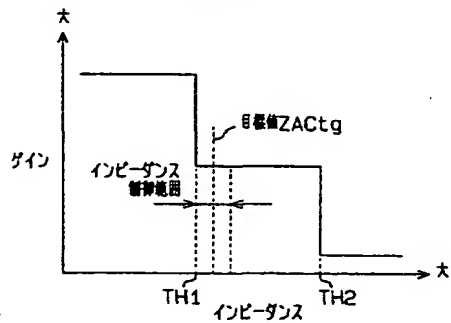


【図7】

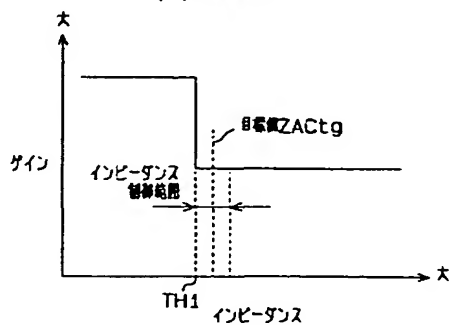


【図8】

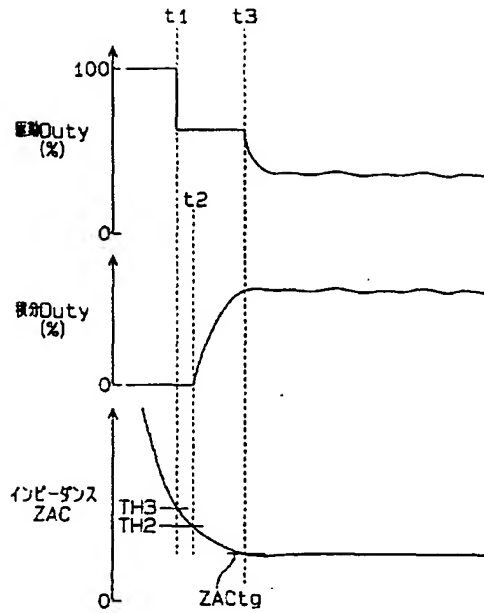
(a) 積分項ゲイン



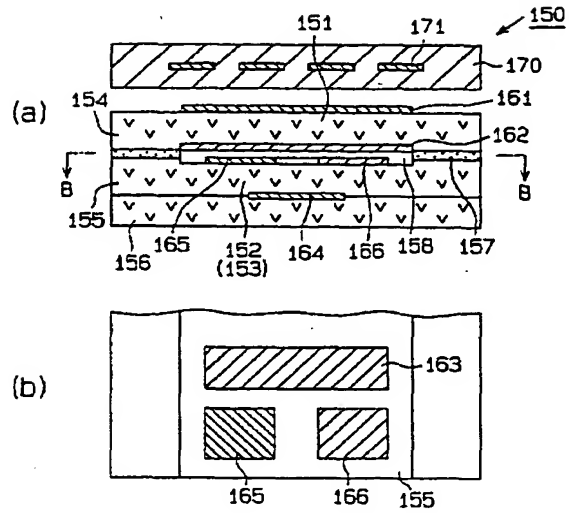
(b) 比例項ゲイン



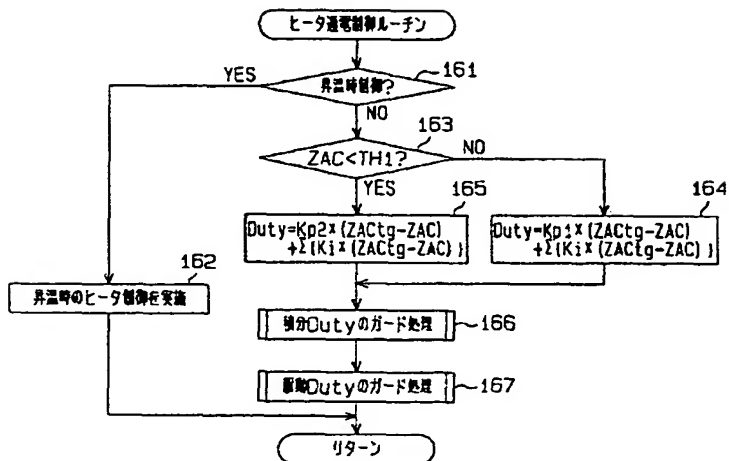
【図9】



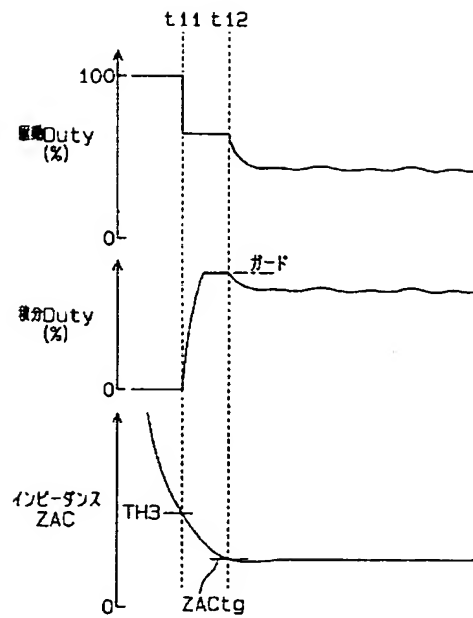
【図14】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2G004 BB04 BC02 BE04 BF01 BJ02
 BK05 BL08 BL14 BL16
 2G060 AA08 AD01 AE40 AF07 AG08
 AG11 EB04 GA03 HB06 HC12
 5H323 AA38 BB05 CA09 CB02 DA03
 DB10 EE01 EE14 FF03 GG07
 KK05 LL01 LL22 LL27 LL29
 MM06

